

**PENGARUH MODEL SALURAN TERHADAP
KESTABILAN NYALA API DI DALAM
*MESO – SCALE COMBUSTOR***

Tugas Akhir

Diajukan Kepada
Universitas Muhammadiyah Malang
untuk Memenuhi Persyaratan Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Program Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Mesin



Disusun Oleh :

Yogi Danu Krisnanto

201510120311165

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENGARUH MODEL SALURAN TERHADAP
KESTABILAN NYALA API DI DALAM MESO – SCALE COMBUSTOR**

Diajukan Kepada

Universitas Muhammadiyah Malang

Sebagai salah Satu Persyaratan untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Mesin

Disusun Oleh :

Nama : Yogi Danu Krisnanto

Nim : 201510120311165

Malang, 5 Februari 2020

yang telah disahkan oleh :

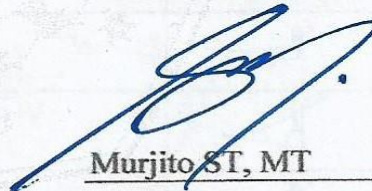
Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Achmad Fauzan HS, MT

NIP. 108.9208.0279

Dosen Pembimbing II



Murjito ST, MT

NIP. 108.9404.0313

Megetahui,

Jurusan Teknik Mesin



Murjito, ST. MT.

108.9404.0313



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Yogi Danu Krisnanto

NIM : 201510120311165

Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Achmad Fauzan HS, MT

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Model Saluran Terhadap Kestabilan Nyala Api
Di Dalam Meso – Scale Combustor.

NO	TANGGAL	URAIAN ASISTENSI	KETERANGAN
1	27/02/2019	Pengajuan Judul Tugas Akhir	
2	01/03/2019	ACC Judul Dan Konsultasi Bab I	
3	11/03/2019	ACC Bab I	
4	13/03/2019	Konsultasi Bab II	
5	31/03/2019	ACC Bab II	
6	18/04/2019	Konsultasi Bab III	
7	26/04/2019	ACC Bab III	
8	03/07/2019	Konsultasi Bab IV	
9	27/08/2019	ACC Bab IV	
10	02/09/2019	Konsultasi Bab V	
11	18/09/2019	ACC Bab V	
12	07/10/2019	Seminar Hasil	

Malang, 20 Januari 2020

Dosen Pembimbing I

(Dr. Ir. Achmad Fauzan HS, MT)



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Yogi Danu Krisnanto

NIM : 201510120311165

Dosen Pembimbing II : Murjito ST, MT

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Model Saluran Terhadap Kestabilan Nyala Api
Di Dalam Meso – Scale Combustor.

NO	TANGGAL	URAIAN ASISTENSI	KETERANGAN
1	01/03/2019	Pengajuan Judul Tugas Akhir	
2	04/03/2019	ACC Judul Dan Konsultasi Bab I	
3	15/03/2019	ACC Bab I	
4	18/03/2019	Konsultasi Bab II	
5	01/04/2019	ACC Bab II	
6	26/04/2019	Konsultasi Bab III	
7	03/07/2019	ACC Bab III	
8	27/08/2019	Konsultasi Bab IV	
9	02/09/2019	ACC Bab IV	
10	18/09/2019	Konsultasi Bab V	
11	21/09/2019	ACC Bab V	
12	07/10/2019	Seminar Hasil	

Malang, 20 Januari 2020

Dosen Pembimbing II

(Murjito ST, MT)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

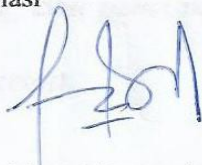
Nama : Yogi Danu Krisnanto
NIM : 201510120311165
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
: Universitas Muhammadiyah Malang

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Tugas Akhir dengan judul:
Pengaruh Model Saluran Terhadap Kestabilan Nyala Api di dalam *Meso – Scale Combustor*
Adalah hasil karya saya, dan dalam naskah tugas akhir ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, baik sebagian ataupun keseluruhan, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.
2. Apabila ternyata di dalam naskah tugas akhir ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia TUGAS AKHIR ini DIGUGURKAN dan GELAR AKADEMIK YANG TELAH SAYA PEROLEH DIBATALKAN, serta diproses sesuai dengan ketentuan hukum yang berlaku.
3. Tugas akhir ini dapat dijadikan sumber pustaka yang merupakan HAK BEBAS ROYALTY NON EKSKLUSIF.

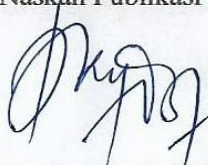
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Koordinator
Plagiasi



M. Irkham Mamungkas, ST., MT

Koordinator
Naskah Publikasi



Ary Dwi Astuti, S. Pd

Malang, 20 Januari 2020



Yogi Danu Krisnanto

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'alah yaitu pemilik alam semesta dan dengan segala isinya. Atas rahmat-Nya dan hidayah-Nya yang telah dicurahkan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan yang berjudul **“Pengaruh Model Saluran Terhadap Kestabilan Nyala Api di dalam Meso – Scale Combustor”**, guna memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan program starta 1 (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang.

Tugas akhir ini tidak akan tersusun tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak dalam segi moril maupun materil. Oleh karena itu segala ungkapan terima kasih dipersembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Sutrisno dan Ibu Nurul Isza yang selalu memberikan doa, restu, semangat serta bantuan material bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Achmad Fauzan HS, MT selaku dosen pembimbing I yang selalu memberikan saran, nasehat, semangat, dan perbaikan selama penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Murjito ST, MT selaku dosen pembimbing II yang sangat membantu didalam memberikan bimbingan serta arahan dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Jajaran dosen dan staf Jurusan Teknik Mesin yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah mengajar dan memberi bantuan kepada penulis selama pendidikan di Universitas Muhammadiyah Malang.
5. Teman-teman bimbingan yang selalu memberikan saran dan dukungan didalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Teman-teman Mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2015 Kelas D yang selalu memberikan saran dan dukungan didalam penyusunan tugas akhir ini

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
POSTER	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR ASISTENSI	iii
LEMBAR SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GRAFIK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Mikro Power Generator (Microcombustor)	6
2.2 Penelitian Sebelumnya	7
2.3 Jenis Aliran Fluida	9
2.3.1 <i>Laminar Flow</i>	9
2.3.2 <i>Turbulence Flow</i>	10
2.4 Pembakaran	11
2.4.1 Pembakaran Skala Meso	12
2.5 Campuran Udara dan Bahan Bakar	13
2.5.1 <i>Air Fuel Ratio (AFR)</i>	13

2.5.2 Rasio Ekuivalen (ϕ)	14
2.6 Butana	15
2.7 Flame Holder	15
2.8 Aliran Fluida	16
2.8.1 Laju Aliran Reaktan	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Metode Penelitian	18
3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian	18
3.3 Variabel Penelitian	18
3.4 Skematia Penelitian	19
3.5 Diagram Alir Proses Penelitian	25
3.6 Tahan Persiapan	26
3.7 Tahap Pengambilan Data	26
3.8 Tahap Pengolahan Data	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Data Hasil Penelitian	28
4.2 Perhitungan Data <i>Flammability Limit</i>	34
4.3 Grafik <i>Flammability Limit</i>	40
4.3.1 Grafik <i>Flammability Limit</i> perhitungan rasio ekuivalen dan laju aliran dengan model saluran variasi jarak 1,5 mm ...	40
4.3.2 Grafik <i>Flammability Limit</i> perhitungan rasio ekuivalen dan laju aliran dengan model saluran variasi jarak 2 mm	41
4.3.3 Grafik <i>Flammability Limit</i> perhitungan rasio ekuivalen dan laju aliran dengan combustor model saluran normal.....	42
4.4 Pembahasan <i>Flammability Limit</i>	43
4.5 Pengambilan Data Visualisasi Nyala Api	44
4.6 Visualisasi Nyala Api	49
4.6.1 Visualisasi Nyala Api akibat $\phi = 1,409$ konstan	49
4.6.2 Visualisasi Nyala Api Akibat $U = 34$ Konstan	51

BAB V PENUTUP	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Detail <i>meso – scale combustor</i>	7
Gambar 2.2 Visualisasi nyala api pada meso-scale combustor dengan perforated mesh 8 garis	8
Gambar 2.3 Digital Anemometer visualisasi nyala api pada meso-scale combustor dengan perforated mesh 6 garis	8
Gambar 2.3.1 <i>laminar flow</i>	10
Gambar 2.3.2 <i>Turbulence Flow</i>	10
Gambar 2.4 Pembakaran	11
Gambar 2.5 Flame Holder	16
Gambar 3.1 Skema Instalasi Penelitian	19
Gambar 3.2 Kompresor	19
Gambar 3.3 Flow Meter	20
Gambar 3.4 Selang <i>Connector</i>	21
Gambar 3.5 Regulator Tabung Gas	21
Gambar 3.6 <i>Stopwatch</i>	21
Gambar 3.7 <i>Mesoscale – combustor</i> dengan model variasi jarak saluran bahan bakar dan udara 1,5 cm	22
Gambar 3.8 <i>Mesoscale – combustor</i> dengan model variasi jarak saluran bahan bakar dan udara 2 cm	22
Gambar 3.9 <i>Mesoscale – combustor</i> dengan model saluran normal	23
Gambar 3.10 <i>Flame Holder</i>	23
Gambar 3.11 Butana	24
Gambar 4.1 Visualisasi nyala api <i>meso-scale combustor</i> variasi jarak saluran 1,5 mm dengan ϕ konstan	49
Gambar 4.2 Visualisasi nyala api <i>meso-scale combustor</i> variasi jarak saluran 2 mm dengan ϕ konstan	49
Gambar 4.3 Visualisasi nyala api <i>meso-scale combustor</i> tipe normal dengan ϕ konstan	49
Gambar 4.4 Visualisasi nyala api <i>meso-scale combustor</i> variasi jarak saluran 1,5 mm dengan U konstan	51

Gambar 4.5 Visualisasi nyala api <i>meso-scale combustor</i> variasi jarak saluran 2 mm dengan U konstan	51
Gambar 4.6 Visualisasi nyala api <i>meso-scale combustor</i> tipe saluran normal dengan U konstan	51



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil penelitian <i>flammability limit</i> untuk Q_f konstan, menggunakan variasi jarak saluran 1,5 cm	28
Tabel 4.2 Hasil penelitian <i>flammability limit</i> untuk Q_f konstan , menggunakan variasi jarak saluran 2 cm	29
Tabel 4.3 Hasil penelitian <i>flammability limit</i> untuk Q_f konstan, menggunakan combustor tipe saluran normal	29
Tabel 4.4 Hasil penelitian data hasil kalibrasi <i>fuel flowmeter</i>	31
Tabel 4.5 Hasil penelitian Pengambilan data <i>Flammability limit</i> setelah dikonfersi pada combustor model saluran 1,5 mm	32
Tabel 4.6 Hasil penelitian Pengambilan data <i>Flammability limit</i> setelah dikonfersi pada combustor model saluran 2 mm	33
Tabel 4.7 Hasil penelitian Pengambilan data <i>Flammability limit</i> setelah dikonfersi pada combustor model saluran normal	33
Tabel 4.8. Hasil perhitungan rasio ekuivalen dan laju aliran dengan model variasi jarak saluran 1,5 mm	39
Tabel 4.9 Hasil perhitungan rasio ekuivalen dan laju aliran dengan model variasi jarak saluran 2 mm	39
Tabel 4.10 Hasil perhitungan rasio ekuivalen dan laju aliran dengan model saluran normal	40
Tabel 4.11 Hasil perhitungan data visualisasi jika ϕ konstan	48
Tabel 4.12 Hasil perhitungan data visualisasi untuk jika U konstan	48

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 kalibrasi debit bahan bakar (Q_f)	32
Grafik 4.2 hasil perhitungan rasio ekuivalen dan laju aliran dengan variasi jarak 1,5 mm	40
Grafik 4.3. hasil perhitungan rasio ekuivalen dan laju aliran dengan variasi jarak saluran 1,5 mm	41
Gambar 4.4. Grafik hasil perhitungan rasio ekuivalen dan laju aliran dengan model saluran normal	42
Grafik 4.5. <i>Flammability Limit</i>	43
Grafik 4.6. Grafik titik acuan visualisasi nyala api	45



DAFTAR PUSTAKA

- Bluemner, R., et al. (2018). "Experimental Study of Reactant Mixing in Model Rotating Detonation Combustor Geometries." *Flow, Turbulence and Combustion* 102(2): 255-277.
- Choi, B.-i., et al. (2009). "Experimental and numerical studies of mixing and flame stability in a micro-cyclone combustor." *Chemical Engineering Science* 64(24): 5276-5286.
- Choi, H. S., et al. (2008). "Turbulent mixing of a passive scalar in confined multiple jet flows of a micro combustor." *International Journal of Heat and Mass Transfer* 51(17-18): 4276-4286.
- E, J., et al. (2016). "Numerical investigation on hydrogen/air non-premixed combustion in a three-dimensional micro combustor." *Energy Conversion and Management* 124: 427-438.
- Ju, Y. and K. Maruta (2011). "Microscale combustion: Technology development and fundamental research." *Progress in Energy and Combustion Science* 37(6): 669-715.
- Kummitha, O. R. (2017). "Numerical analysis of hydrogen fuel scramjet combustor with turbulence development inserts and with different turbulence models." *International Journal of Hydrogen Energy* 42(9): 6360-6368.
- Li, L., et al. (2018). "Numerical investigation on mixing performance and diffusion combustion characteristics of H₂ and air in planar micro-combustor." *International Journal of Hydrogen Energy* 43(27): 12491-12498.
- Li, W., et al. (2018). "Experimental and kinetic modeling investigation on pyrolysis and combustion of n-butane and i-butane at various pressures." *Combustion and Flame* 191: 126-141.
- Muhtadi, M. F. (2016). "pengaruh Tipe Flame Holder terhadap Stabilitas Nyala Api Butana di dalam Meso-Scale Combustor." *Journal of Energy, Mechanical, Material, and Manufacturing Engineering*.
- See, Y. C. and M. Ihme (2014). "Large eddy simulation of a partially-premixed gas turbine model combustor." *Proceedings of the Combustion Institute*
- Sudarmanta, B. and S. Winardi (2006). "Karakteristik Spray Combustion Palm Methyl Ester Dengan Pendekatan Model Turbulen RNG k- ϵ ."
- Tang, A., et al. (2015). "Numerical study of premixed hydrogen/air combustion in a micro planar combustor with parallel separating plates." *International Journal of Hydrogen Energy* 40(5): 2396-2403.
- Wan, J., et al. (2014). "A numerical investigation on combustion characteristics of H₂/air mixture in a micro-combustor with wall cavities." *International Journal of Hydrogen Energy* 39(15): 8138-8146.

- Yang, W., et al. (2014). "Experimental and numerical investigations of hydrogen–air premixed combustion in a converging–diverging micro tube." *International Journal of Hydrogen Energy* 39(7): 3469-3476.
- Yuasa, S., et al. (2005). "Concept and combustion characteristics of ultra-micro combustors with premixed flame." *Proceedings of the Combustion Institute* 30(2): 2455-2462.
- Yuliati, L., et al. (2012). "Liquid-fuel combustion in a narrow tube using an electrospray technique." *Combustion and Flame* 159(1): 462-464.
- Zarvandi, J., et al. (2012). "Numerical study of the effects of heat transfer methods on $\text{CH}_4/(\text{CH}_4 + \text{H}_2)$ -AIR pre-mixed flames in a micro-stepped tube." *Energy* 44(1): 396-409.





Universitas Muhammadiyah Malang

Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Mesin

Jl. Raya Tlogomas No. 246 Telp. (0341) 464318 Psw. 128 Malang

**LEMBAR HASIL DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI MAHASISWA
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG**

Lembar hasil deteksi plagiasi ini menyatakan bahwa mahasiswa berikut:

Nama : Yogi Danu Krisnanto


N I M : 201510120311165

Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Arah dan Volume Serat Pisang Abaka (*Musa textilis*) terhadap Sifat Mekanik Komposit

Telah melalui cek kesamaan karya ilmiah (Skripsi) Mahasiswa dengan hasil sebagai berikut:

SKRIPSI	PRESENTASE KESAMAAN
BAB I (PENDAHULUAN)	8%
BAB II (TINJAUAN PUSTAKA)	19%
BAB III (METODOLOGI)	30%
BAB IV (HASIL DAN PEMBAHASAN)	6%
BAB V (KESIMPULAN DAN SARAN)	0%

Dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa hasil deteksi plagiasi ini telah memenuhi syarat ketentuan yang diatur pada Peraturan Rektor No. 2 Tahun 2017 dan berhak mengikuti Ujian Skripsi.

Malang, 31 Januari 2020
Dekan Fakultas Teknik Mesin,

Mohammad Irham M., ST., MT.

